Aulas 22 e 23

LENTES ESFÉRICAS

Lentes esféricas é o sistema óptico constituído homogêneos e transparentes separados por uma superfície esférica e outra plana ou por duas superfícies esféricas, veja os tipos de lentes e suas funções a segui.

Lente convergente: é aquela que faz convergir, num ponto, raios paralelos sobre ela incidentes. Quando os raios divergem ao emergir da lente, ela é dita divergente

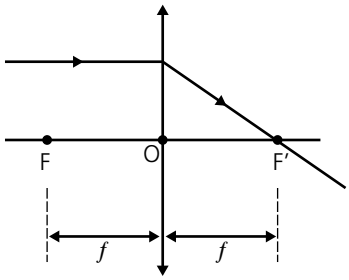
Lente delgada: é a lente cuja espessura é pequena quando comparada aos raios de curvatura das faces esféricas.

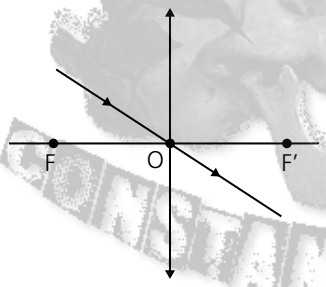
Comportamento Óptico

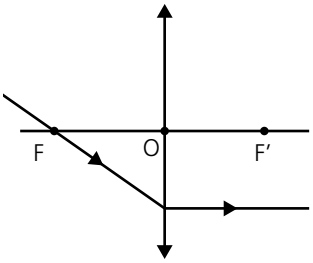
Lente	Bordas delgadas	Bordas espessas
Convergente	$n_{lente} > n_{meio}$	$n_{lente} < n_{meio}$
Divergente	$n_{lente} < n_{meio}$	$n_{lente} > n_{meio}$

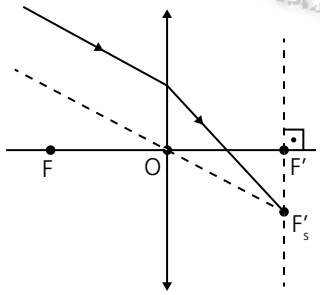
Raios Notáveis

• Lente delgada convergente



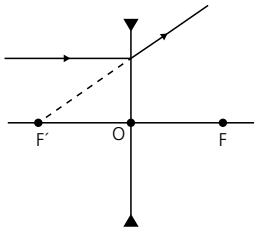


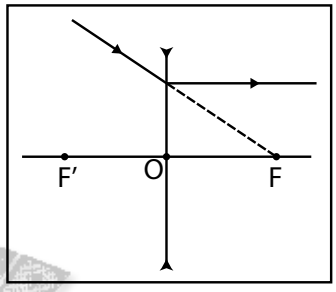


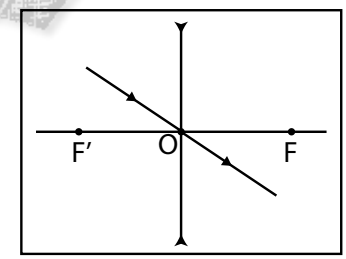


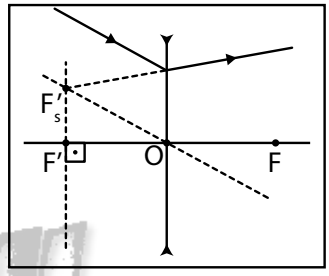
F: foco principal objeto;
F′: foco principal imagem;
O: centro óptico;
f: distância focal.

• Lente delgada divergente









Construção Geométrica de imagens

Lente convergente

1º Objeto além do ponto antiprincipal C

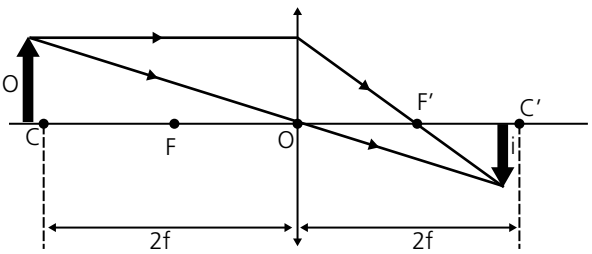


Imagem real, invertida e menor que o objeto.

C: ponto antiprincipal objeto
C: ponto antiprincipal imagem

2º Objeto sobre o ponto antiprincipal C

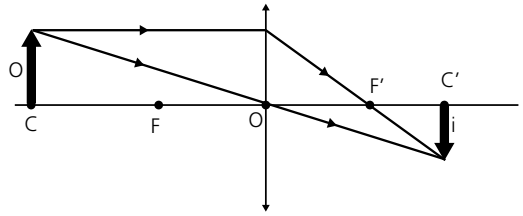


Imagem real, invertida e de mesmo tamanho que o objeto.

3º Objeto entre o ponto antiprincipal C e o foco principal objeto F

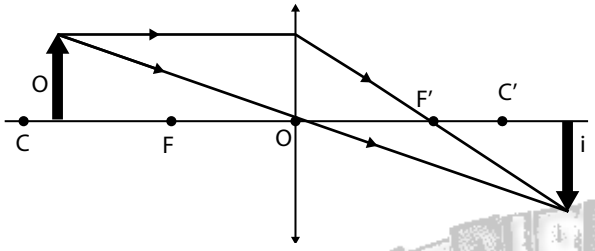


Imagem real, invertida e maior que o objeto.

4º Objeto sobre o foco principal objeto F

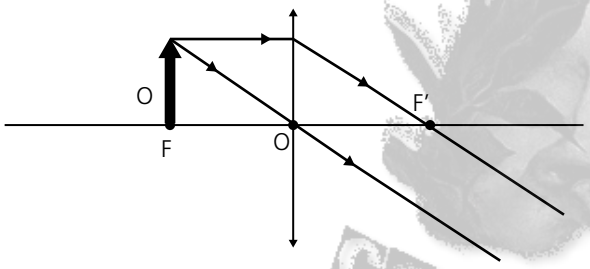


Imagem imprópria

5º Objeto entre o foco principal objeto f e o centro óptico O

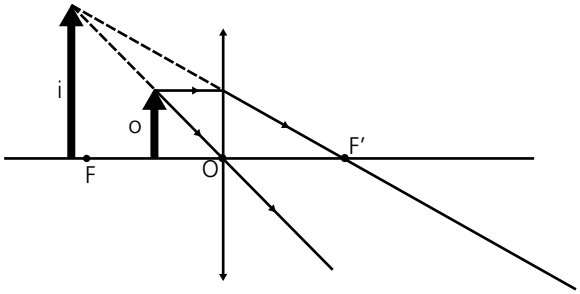


Imagem virtual, direita e maior que o objeto

Lente divergente

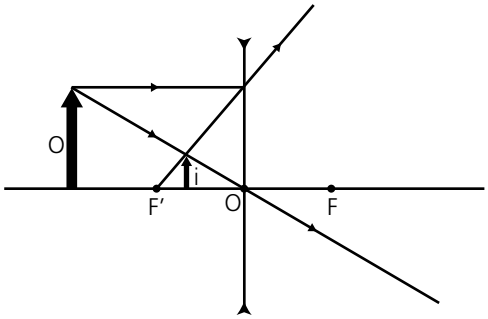
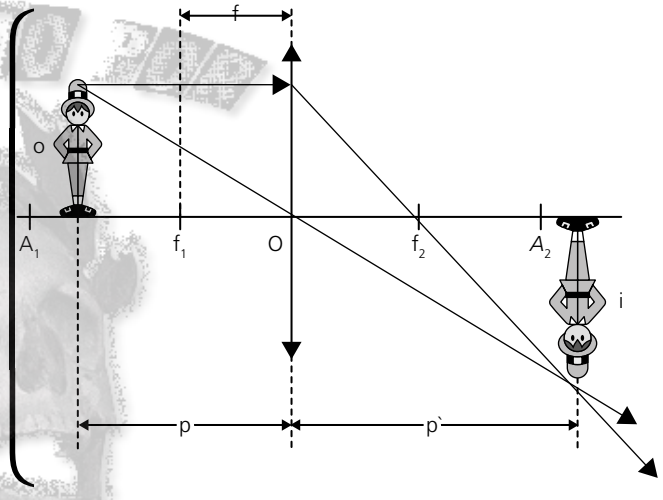


Imagem virtual, direita e menor que o objeto

Estudo analítico das lentes



Equação dos pontos conjugados de Gauss

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

Aumento linear transversal

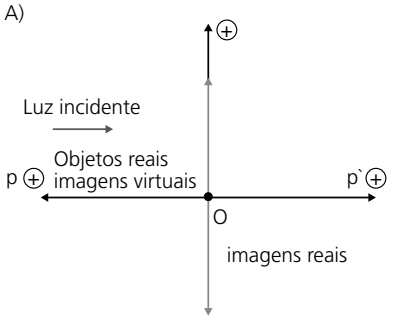
$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

Onde:

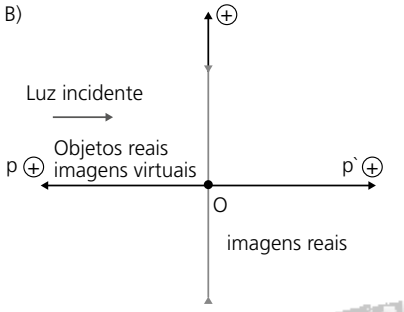
P – distância do objeto à lente
P' – distância da imagem à lente
F – distância focal
i – altura da imagem
o – altura do objeto
A – aumento linear

O referencial de Gauss (estudo dos sinais)

A)



B)



$$\text{Sinais}\begin{cases}\text{Lente}\begin{cases}\text{Côncava} \Rightarrow \begin{cases} f < 0 \\ R < 0 \end{cases} \\ \text{Convexa} \Rightarrow \begin{cases} f > 0 \\ R > 0 \end{cases} \\ \text{Plana} \Rightarrow \begin{cases} f \to \infty \\ \dfrac{1}{R} = 0 \end{cases}\end{cases} \\ \text{Imagem}\begin{cases}\text{Real} \Rightarrow \begin{cases} p' > 0 \\ A < 0 \,(\text{invertida}) \\ \text{Projetável}\end{cases} \\ \text{Virtual} \Rightarrow \begin{cases} p' < 0 \\ A > 0 \,(\text{direita}) \\ \text{Não é projetada}\end{cases} \\ \text{Tamanho} \Rightarrow \begin{cases} \text{Menor} \Rightarrow |A| < 1 \\ \text{Igual} \Rightarrow |A| = 1 \\ \text{Maior} \Rightarrow |A| > 1\end{cases}\end{cases}\end{cases}$$

Observação:

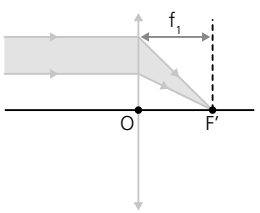
O aumento linear pode ser expresso em função da distância do objeto à lente e da distância focal.

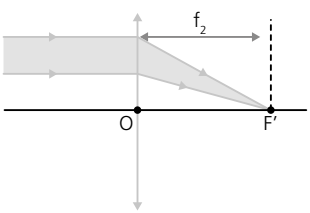
$$\boxed{A = \frac{f}{f - p}}$$

- **Vergência**

Vergência é, por definição, o inverso da distância focal.

$$\boxed{d = \frac{1}{f}}$$

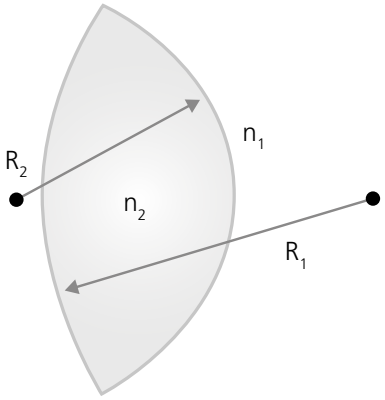




$D_1 > D_2 - f_1 < f_2$

- **Equação dos fabricantes de lentes (fórmula de Halley)**

Considere a lente a seguir.



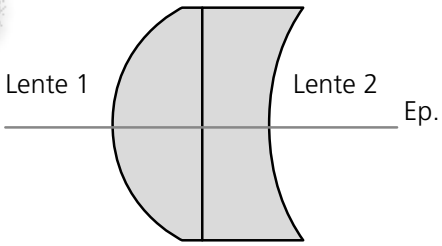
A equação dos fabricantes é dada por:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

Atenção:

– Face convexa: raio de curvatura positivo.
– Face côncava: raio de curvatura negativo.

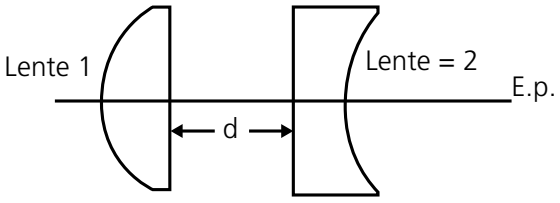
Observação: Associação de lentes justapostas.



A vergência da lente equivalente à associação é igual à soma algébrica das vergências das lentes componentes.

$$\boxed{V_R = V_1 + V_2}$$

- **Lentes espassadas**



$$\boxed{V_R = V_1 + V_2 - V_1 \cdot V_2 \cdot d}$$

Exercícios de Fixação

01. (EsPCEx/2011) Um objeto é colocado sobre o eixo principal de uma lente esférica delgada convergente a 70 cm de distância do centro óptico. A lente possui uma distância focal igual a 80 cm. Baseado nas informações anteriores, podemos afirmar que a imagem formada por esta lente é:
A) real, invertida e menor que o objeto.
B) virtual, direita e menor que o objeto.
C) real, direita e maior que o objeto.
D) virtual, direita e maior que o objeto.
E) real, invertida e maior que o objeto.

02. (Efomm) Uma lente convergente projeta sobre uma tela uma imagem cinco vezes maior de um objeto real. Sabendo-se que a distância entre o objeto e a imagem é de 90 cm, a convergência da lente é:
A) 8 di
B) 9 di
C) 10 di
D) 11 di
E) 12 di

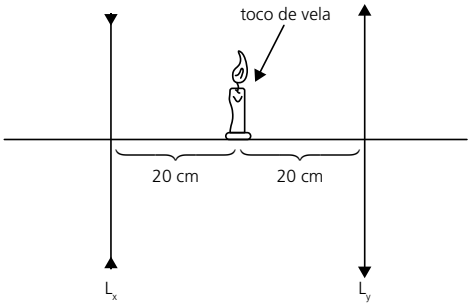
03. (Aman) Um profissional em um laboratório, trabalhando com alguns dispositivos ópticos feitos de vidro, deseja obter a imagem ampliada (maior) de uma peça situada no ar para melhor analisá-la. Dos diversos dispositivos que possui, ele certamente poderá utilizar:
A) um espelho esférico convexo ou uma lente delgada biconvexa.
B) um espelho esférico côncavo ou uma lente delgada plano-convexa.
C) um espelho esférico qualquer ou uma lente delgada bicôncava.
D) um espelho esférico côncavo ou uma lente delgada plano-côncava.
E) um prisma ou lente delgada convexa-côncava.

04. (Efomm) Duas lentes esféricas delgadas, com raios de curvatura iguais, uma bicôncava e outra biconvexa, de distâncias focais respectivamente iguais a 80 cm e 50 cm, imersas no ar ($n_{ar} = 1$), foram associadas, colocando-se uma justaposta à outra, formando uma única lente. A respeito da nova lente formada, pode-se dizer que é:
A) convergente com f = + 0,3 m
B) convergente com f = + 1,3 m
C) divergente com f = – 0,3 m
D) convergente com f = + 0,3 m
E) divergente com f = – 1,3 m

05. (Fuvest) A distância entre um objeto e uma tela é de 80 cm. O objeto é iluminado e, por meio de uma lente delgada posicionada adequadamente entre o objeto e a tela, uma imagem do objeto, nítida e ampliada 3 vezes, é obtida sobre a tela. Para que isto seja possível, a lente deverá ser:
A) convergente, com distância focal de 15 cm, colocada a 20 cm do objeto.
B) convergente, com distância focal de 20 cm, colocada a 20 cm do objeto.
C) convergente, com distância focal de 15 cm, colocada a 60 cm do objeto.
D) divergente, com distância focal de 15 cm, colocada a 60 cm do objeto.
E) divergente, com distância focal de 20 cm, colocada a 20 cm do objeto.

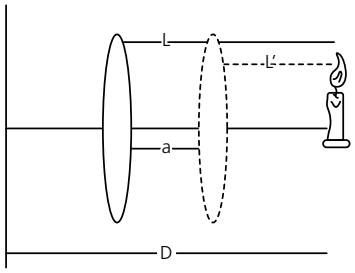
Exercícios Propostos

01. (Puccamp) Um toco de vela está entre duas lentes delgadas, uma divergente L_X e outra convergente L_Y, a 20 cm de cada uma, como está representado no esquema a seguir. As duas lentes têm distâncias focais de mesmo valor absoluto, 10 cm.



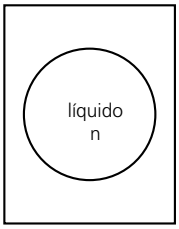
Nessas condições, a distância entre as imagens do toco de vela, conjugadas pelas lentes, vale, em cm, aproximadamente,
A) 6,6
B) 20
C) 33
D) 47
E) 53

02. (ITA) Uma vela está a uma distância D de um anteparo sobre o qual se projeta uma imagem com lente convergente. Observa-se que as duas distâncias L e L' entre a lente e a vela para as quais se obtém uma imagem nítida da vela no anteparo, distam uma da outra de uma distância **a**.



O comprimento focal da lente será:
A) (D – a)/2
B) (D + a)/2
C) 2a
D) $(D^2 – a^2)/4D$
E) $(D^2 + a^2)/4D$

03. Um objeto decorativo consiste de um bloco de vidro transparente, de índice de refração igual a 1,4, com a forma de um paralelepípedo, que tem, em seu interior, uma bolha, aproximadamente esférica, preenchida com um líquido, também transparente, de índice de refração **n**. A figura a seguir mostra um perfil do objeto.



Nessas condições, quando a luz visível incide perpendicularmente em uma das faces do bloco e atravessa a bolha, o objeto se comporta, aproximadamente, como
A) uma lente divergente, somente se n > 1,4.
B) uma lente convergente, somente se n > 1,4.
C) uma lente convergente, para qualquer valor de **n**.
D) uma lente divergente, para qualquer valor de **n**.
E) se a bolha não existisse, para qualquer valor de **n**.

04. Uma lente é utilizada para projetar um uma parede a imagem de um slide, ampliada 4 vezes em relação ao tamanho original do slide. A distância entre a lente e a parede é de 2 m.
O tipo de lente utilizada e sua distância focal são, respectivamente
A) divergente, 2m
B) convergente, 40 cm
C) divergente, 40 cm
D) divergente, 25 cm
E) convergente, 25 cm

05. Um objeto real é colocado a 60 cm de uma lente delgada convergente. Aproximando-se de 15 cm o objeto da lente, a nova imagem obtida fica três vezes maior que a anterior, com a mesma orientação.
Pode-se então afirmar que a distância focal da lente vale, em centímetros
A) 7,5 cm
B) 15,0 cm
C) 22,5 cm
D) 30,0 cm
E) 37,5 cm

06. Projeta-se, com o auxílio de uma lente delgada, a imagem real de uma vela, colocada a 20 cm da lente, em uma tela que dista 80 cm da vela. A distância focal da lente e o aumento linear transversal da imagem são, respectivamente, iguais a
A) 15 cm e 3
B) 15 cm e –3
C) –15 cm e –3
D) –10 cm e –4
E) 16 cm e –4

07. Uma lente esférica delgada, construída de um material de índice de refração **n**, está imersa no ar (n_{ar} = 1,00). A lente tem distância focal **f** e suas superfícies esféricas têm raios de curvatura R_1 e R_2.

Esses parâmetros obedecem a uma relação, conhecida como "equação dos fabricantes", expressa por:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

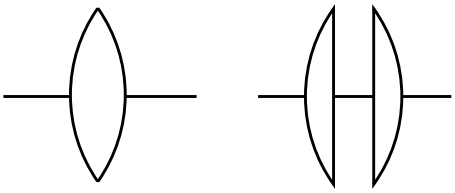


Figura I

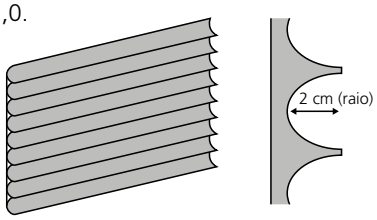
Figura II

Suponha uma lente biconvexa de raios de curvatura iguais ($R_1 = R_2 = R$), distância focal f_0 e índice de refração n = 1,8 (figura I). Essa lente é partida ao meio, dando origem a duas lentes plano-convexas iguais (figura II). A distância focal de cada uma das novas lentes é

A) $\frac{1}{2} f_0$
B) $\frac{4}{5} f_0$
C) f_0
D) $\frac{9}{5} f_0$
E) $2f_0$

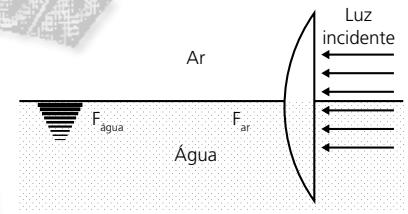
08. Do lado de fora, pelo vitrô do banheiro, um bisbilhoteiro tenta enxergar seu interior. Frustrado, o xereta só conseguiu ver as múltiplas imagens de um frasco de xampu, guardado sobre o aparador do boxe, a 36 cm de distância do vidro. De fato, mal conseguiu identificar que se tratava de um frasco de xampu, uma vez que cada uma de suas imagens, embora com mesma largura, tinha a altura, que no original é de 20 cm, reduzida a apenas:

Informações: suponha válidas as condições de estigmatismo de Gauss e que os índices de refração do vidro e do ar sejam, respectivamente, 1,5 e 1,0.
A) 0,5 cm
B) 1,0 cm
C) 1,5 cm
D) 2,0 cm
E) 2,5 cm



09. Em um laboratório, uma lente plano-convexa de raio de curvatura 0,5 m é parcialmente mergulhada em água, de modo que o eixo principal fique no mesmo plano da superfície de separação entre a água e o ar. Um feixe de luz, incidindo paralelamente a esse eixo, após passar pela lente, converge para dois focos distintos (F_{ar} e $F_{água}$).

Na região em que a lente está imersa no ar, a convergência é de 1 di.



Se o índice de refração do ar tem valor 1 e o índice de refração da água valor $\frac{4}{3}$, a convergência da parte da lente mergulhada no líquido é, em di
A) $\frac{1}{4}$
B) $\frac{3}{5}$
C) $\frac{2}{3}$
D) $\frac{3}{4}$
E) $\frac{4}{5}$

10. Associam-se duas lentes de modo a formarem um sistema afocal. Uma das lentes é convergente, com 6,0 cm de distância focal, e a outra é divergente, com 3,0 cm de distância focal. As lentes são dispostas coaxialmente. Qual a distância **d** entre as lentes?
A) 3,0 cm
B) 6,0 cm
C) 9,0 cm
D) 12,0 cm
E) 15 cm

Gabarito

Exercícios de Fixação				
1	**2**	**3**	**4**	**5**
D	C	A	B	A

Exercícios Propostos									
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
E	D	B	B	E	B	E	D	A	A

Digitador: Aníbal – Revisor: Alexandre
046.406-1001/22